

木质生物质能源厂原材料库存控制研究

邓蓉, 李军龙, 邱荣祖

(1.三明学院管理学院, 福建三明365004; 2.福建农林大学交通与土木工程学院, 福建福州350002)

摘要：在一个时间单位周期内、对原料的需求保持相对均衡的前提下,针对木质生物质能源厂原材料库存控制进行研究,提出了组合安全库存控制理论和经济订单批量模型的库存控制策略.结合调研背景设置模型参数,即可求解出周期安全库存量、一次进货量、再订货点,以及该执行方案下的库存成本核算。通过应用分析及敏感性分析证明了该组合模型可以较为理想地为木质生物质能源厂提供库存决策辅助,对企业原料供应的平稳运作及优化成本两个方面都大有益处。

所谓生物质能是指太阳能以化学能形式贮存在生物质中的能量形式,即以生物质为载体的能量,具体来说,通常包括木材、森林废弃物、农业废弃物、水生植物、油料植物、城市和工业有机废弃物、动物粪便等,其中,由于森林的阳光利用率远高于农作物,使得木质生物质能成为生物质能中重要的一部分。近年来,国内外学者们开始广泛关注木质生物质能问题,从资源特性来看,木质生物质能源属于可再生能源,具有分布广泛、总量丰富、产量较大的特点,与其他一些只能间接作为燃料的生物质能源相比较,技术上的难题较少;从碳排放的角度来考量,木质生物质在生长时需要的 CO_2 相当于它燃烧时排放 CO_2 的量,因而对大气的 CO_2 净排放量近似于零,同时木质生能源的转化过程和使用过程形成了二氧化碳的循环排放过程,可有效缓解目前日趋严重的温室效应;从国家能源结构来说,开发木质生物质能可代替部分煤炭、石油、天然气等化石燃料,对优化能源结构和保障国家能源安全具有重要作用。然而,由于木质生物质原料的分布式特性、以及一系列复原操作的高成本和复杂性,在很大程度上造成生物质能源生产无法达到预期效果。

近年来,国外对木质生物质原料库存控制与管理的研究文献明显增多。对相关领域的成果进行梳理,主要分为两大类:一是以传统的数学建模方法(如线性规划、启发式算法)或网络模型为方向的库存管理优化,代表人物有Helene Gunnarsson、Philip C Jones、Pascal Forget等学者;二是动态仿真研究方面,代表学者有De Mol、Fengli Zhang。目前国内关于木质生物质原料库存的相关研究报道比较零散,存在微观情境下需求预测精度不高、库存控制策略多依赖经验方法确定、原料仓储管理信息化程度有待提高等等问题。

本文研究着重关注木质生物质能源厂在原材料库存控制问题上的合理化与经济化。库存控制策略包含安全库存量、一次进货量、再订货点以及成本核算等等决策。解决供应链上需求不确定性的主要考量是通过设置必要的安全储备。但是目前大多数生物质能源厂的木质原料安全储备多依赖决策者的经验方法确定,过低的安全库存设置水平无法应对需求突增的情况,拥有过高的存量又会产生大量的库存呆滞;在一个存货周期中,生物质能源厂如何去设定最优订单批量、再订货水平直接影响着库存成本。

1 建模

1.1 参数及变量定义

- (1) C_i —指某一个月份的库存总成本, $i=1$ to 12;
- (2) UC —进货单价;
- (3) RC —再订货费用,指的是一次货物的订货费用;
- (4) HC —保管的持有单位费用;
- (5) SC —缺货费用,这里假定一个月内由于没有满足客户需求而造成的总缺货费用为 SC ;
- (6) α —假定缺货率为,即有客户服务水平= $1-\alpha$;
- (7) z —某一客户服务水平下所对应的安全系数,取决于库存控制对供应保障率的具体要求,它与之间存在内在概率关系,是基于标准正态分布原理计算出来的,可通过正态分布表查得;
- (8) TC —周期订货费用,包括原材料购买成本和可变成本两项费用,其中可变成本包含再订货成本和持有成本;
- (9) D_i —需求,指的是在一定时间段内预期存货需要向外供给的数量,本文需求以月为一个时间单位周期;
- (10) Q —订单批量;
- (11) SS —安全库存,是指当遭遇需求突增,订单批量 Q 告罄时,才会紧急投入使用的库存;
- (12) T —订货周期,是指在连续两次的订货之间的时间间隔,运作周期的长短一般由订单批量大小决定,较大的订单批量往往会导致较长的运作周期,并且有 $T=Q/D$ 的关系;
- (13) LT —订货提前期,即指从订货到交货这一时间段;
- (14) ROL —再订货点,只要设定再订货点,经济订单批量模型的推导就不会受到订货提前期的影响。

1.2模型建立

安全库存量的制定以及安全库存费用的核算方式可以通过安全库存控制理论计算得出,解决“当月应该预留多少初始库存”这个问题。在此基础上,本文将应用经济订单批量模型来研究周期库存策略。这个方法对于涉及到的各项库存成本如何平衡具有重要意义,考量的是“一次进货量应该订购多少最为合适”、“当库存剩余多少时就应该执行再订货”以及“这一时间单位周期内的总成本该如何核算”这三个问题。模型图示如图1所示。模型的实质为安全库存控制模型和经济订单批量模型的组合,在 SS 、 Q 以及 ROL 等等变量的推导上又相对独立。

该执行方案下的库存成本核算包含安全库存保管的持有费用 $SS \cdot HC$,以及需求突增时将安全库存全部投入使用也无法满足需要而造成的缺货费用 $SC \cdot OL$,以及周期订货费 TC_0 ,周期订货费用包含原材料购买成本(相对于库存控制来说,这是一项固定成本),再订货费用和存货持有费用。因此,本文库存控制模型的成本公式可表述为:

$$C_i = SS \cdot HC + SC \cdot \alpha + TC_0 \quad (1)$$

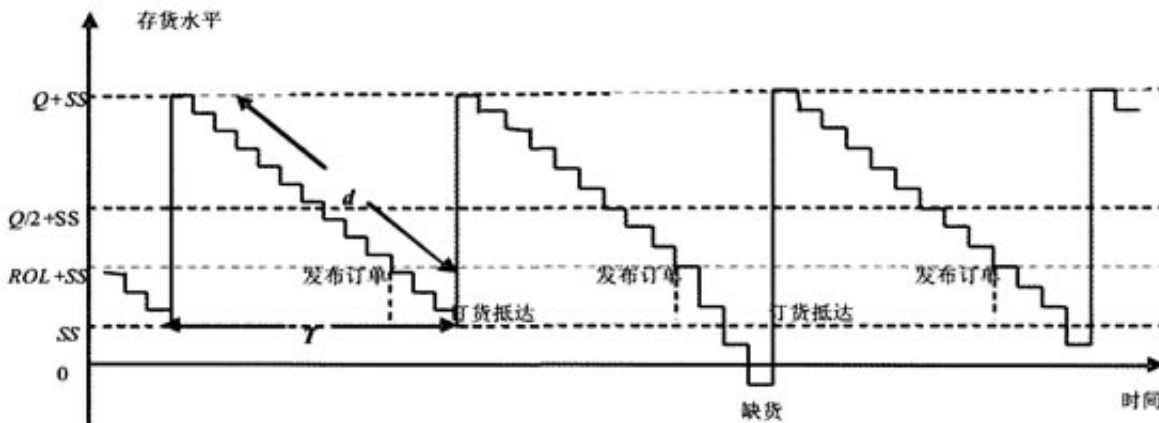


图 1 库存控制原理

1.3 最优解的确定

1.3.1 SS 的确定

安全库存量的计算方法需要借助统计学知识，根据提前期、需求量(固定或变化)的规律，做出一些基本假设以及对原始数据进行处理。然后结合需求标准差、顾客服务水平、正态分布图等因子共同来确定合理的库存量。在这里引入一个存货周期服务水平的概念，用来表示在一个存货周期里能够满足所有需求时的概率大小，由此可知，顾客服务水平和缺货率存在着对应关系，假定缺货率为 α ，即有服务水平 $= 1 - \alpha$ ，在此情况下，还有一个所对应的安全系数，这一数值取决于库存控制对供应保障率的具体要求。它们三者之间的内在概率关系可以通过正态分布表查得，如表1所示。

表 1 顾客服务水平及安全系数表

安全系数 z	缺货情况在整个存货周期发生的概率/%	顾客服务水平/%	安全系数 z	缺货情况在整个存货周期发生的概率/%	顾客服务水平/%
0.00	50.0	50.0	1.64	5.0	95.0
0.84	20.0	80.0	1.88	3.0	97.0
1.00	15.9	84.1	2.00	2.3	97.7
1.04	15.0	85.0	2.33	1.0	99.0
1.28	10.0	90.0	2.58	0.5	99.5
1.48	7.0	93.0	3.00	0.1	99.9

根据标准的安全库存公式通过一系列数学推导，有：

$$SS=z\sigma_T\sqrt{\frac{\bar{L}}{T}} \quad (2)$$

式中:SS 为安全库存, z 为某服务水平下的安全系数, σ_T 为单位周期需求量的标准差, \bar{L} 为提前期的平均值, T 为订货周期。

1.3.2 Q_0 、 ROL 及 TC_0 的确定

周期订货费用(即阶段性总成本)包含原材料购买成本,再订货费用和存货持有费用 3 项,首先,确定在一个周期里其中一次订货费用,即有:

$$\text{一次订货费用} = UC \cdot Q + RC + (HC \cdot Q \cdot T) / 2$$

根据经济订单批量计算模型的推导过程,可得出以下解^[17]:

经济型订单批量 Q_0 :

$$Q_0 = \sqrt{2RC \cdot D / HC} \quad (3)$$

当库存量下降到 ROL (不包含安全库存)时,就立即实施再订货,订货量为 Q_0 , ROL 的确定公式如下:

$$ROL = LT \cdot D_i \quad (4)$$

结合公式(3),可推导出最优化周期订货费用 TC_0 ,即为:

$$TC_0 = UC \cdot D_i + \sqrt{2RC \cdot HC \cdot D_i} \quad (5)$$

1.3.3 库存控制模型成本公式

库存控制模型成本见式(6)。

$$C_i = SS \cdot HC + SC \cdot \alpha + TC_0 = SS \cdot HC + SC \cdot \alpha + UC \cdot D_i + \sqrt{2RC \cdot HC \cdot D_i} \quad (6)$$

2 应用分析

2.1 应用案例概况

福建某生物质能源厂以桉木片、松木片、杨木片等木片以及桉树、马尾松、杉原木等种类的次材、短材、薪材作为原材料,专门用于生产生物质能源机碳棒,根据实际调研,近年来该厂对木质原料的年需求量大致在 25 ~ 35 万 t 的量级上。在一个时间单位周期内对木质原料的需求近似均衡。

木质原料属于季节性产品,各个月份的需求存在差异,故按月需求为一个时间单位周期来考虑库存策略会更加合理。本文以该厂 2011 ~ 2015 年木质原料需求情况作为基础数据,利用灰色预测和 3 次指数平滑预测的组合模型,进行 2016 ~ 2020 年木质原料的需求情况预测,如表 2 所示。该厂的调研数据如表 3 所示。在本文提出的模型中,安全库存的设定是以年度作为周期,同一个年份里的月安全库存储备量相同,而订单批量和再订货点是由当月需求多少决定的。本文模型利用计算机编程已实现自动运算。

表 2 福建某木质生物质能源厂 2016-2020 年木质原料需求预测

单位:t

年份	月 份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2016	24317	23819	29830	30527	24863	25410	27315	27822	27952	30880	29527	29333
2017	25453	24959	31225	31917	26044	26599	28581	29125	29552	32305	30909	30731
2018	26643	26154	32684	33370	27280	27843	29906	30489	31243	33796	32356	32195
2019	27888	27406	34212	34889	28575	29145	31292	31917	33032	35356	33871	33729
2020	29191	28718	35811	36477	29932	30508	32742	33412	34923	36988	35456	35337

2.2 库存控制策略分析

此处以分析 2016 年的数据为例:

(1) 根据标准差的计算公式 $\sigma_T =$

$\sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - u)^2}$, 代入 2016 年 12 个月木材原料的需求预测数据, 可求得 $\sigma_T = 2498$;

(2) 安全库存正常情况下不动用, 作为以应对突发事件的物料储备, 根据安全库

存的计算公式 $SS = z\sigma_T \sqrt{\frac{L}{T}} = 2.33 \times 2498 \times \sqrt{\frac{3}{31}} = 1810(t)$, 解决“当月应该预留多少初始库存”这个问题。

此处将服务水平设定为 99%, 这一设定值合理与否与企业当前的经营数据密切相关, 可通过偏离 SS 的敏感性分析进行调整。

(3) 根据最佳订单批量的计算公式 $Q_0 = \sqrt{2RC \cdot D / HC}$, 任意代入表 2 中某一月份的需求预测值, 即可计算出这一月份的最佳订单批量。从而解决某一个需求周期内“一次进货量应该订购多少”这个问题。

例如, 当代入 2016 年 7 月份的 D_i 值, 即表 2 中的预测数据, 结合表 3 的参数调研情况, 可计算出这一月份的最佳订单批量应设定为 4267 t。

(4) 当库存水平下降到 $LT \times D_i$ 时, 就实施再订货, 例如, 7 月份的 D_i 值为 27315 t, LT 为 3 d, 即为 0.1 个月, 可得再订货点约为 2730 t, 即当库存水平下降到 2730 t 时 (不包含安全库存), 就可实施再订货。

(5) 根据阶段性总成本的计算公式 $C_i = SS \cdot HC + SC \cdot \alpha + UC \cdot D_i + \sqrt{2RC \cdot HC \cdot D_i}$, 任意代入表 2 某一月份的需求预测值, 即可计算出这一月份的最小化阶段性总成本估值 (估值较大是由于包含了原材料购买成本, 而此项成本相对于库存控制是固定成本), 如图 2。

表 3 福建某木质生物质能源厂库存控制策略参数

模型参数	参数数值设定
UC	700 元/t
HC	30 元/(t·月)
RC	10000 元/次
SC	1000000 元/月
LT	3 天
CSL	99%
Z	2.33

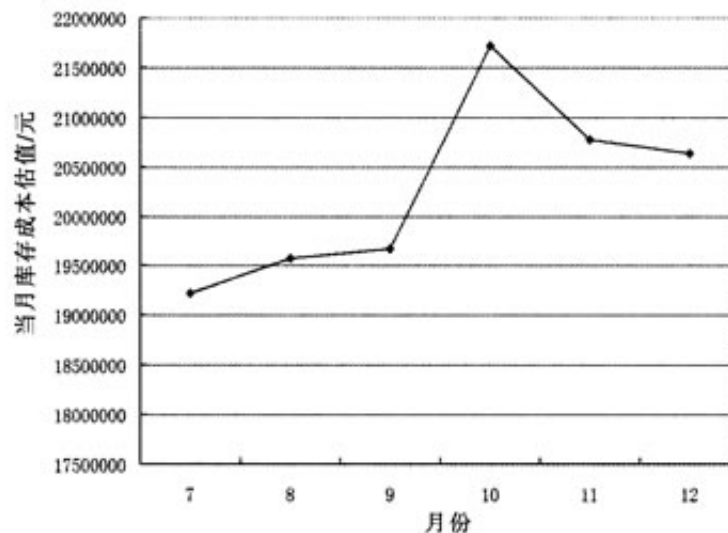


图 2 2016 年下半年各个月份的 C_i 值

3 敏感性分析

这里针对2016年7月份的两个库存策略指标最佳安全库存储备 1810 t，最优订单批量 4267 t 进行偏离程度分析，结合企业当前的经营数据，偏离 SS 及 Q_0 的敏感性分析结果如图 3 所示。当安全库存储备量递减到 0.8SS(1448 t)时，此时顾客服务水平约接近 97%，一个月内会造成总成本增加值约为 9140 元，继续递减到 0.6SS(1086 t) 时，顾客服务水平接近 93%，会造成总成本增加值约为 38280 元。反之，当安全库存储备量递增到 1.2SS(2172 t)时，顾客服务水平将高于 99.5%，会造成总成本增加值约为 5860 元，继续递增到 1.4SS(2534t)时，顾客服务水平高于 99.9%，会造成总成本增加值约为 12720 元。同理，以最优订单批量 4267 t 为基准向左依次以 0.2 Q_0 递减，向右依次以 0.2 Q_0 递增，此时总成本增加值和订单批量变化关系图，如图 2 所示。通过与最优值偏离幅度的敏感性分析，发现当服务水平设定值较低时，会造成缺货费用大大高于保管的持有费用，造成总成本较高；而服务水平设定值越接近 100%时，意味着要储备无限的存货，这样在实际运作中并不合理也不可能实现，因此客户服务水平的设定需要结合企业当前的经营状况(在本例中，服务水平设定为 99%)。与最优订单批量 Q_0 发生偏离时同样会导致总成本增加。通过比较，发现 SS 的设定对总成本的影响程度大于 Q_0 ，当 SS 或者 Q_0 递减时都会导致比同步骤幅递增时更高的总成本。

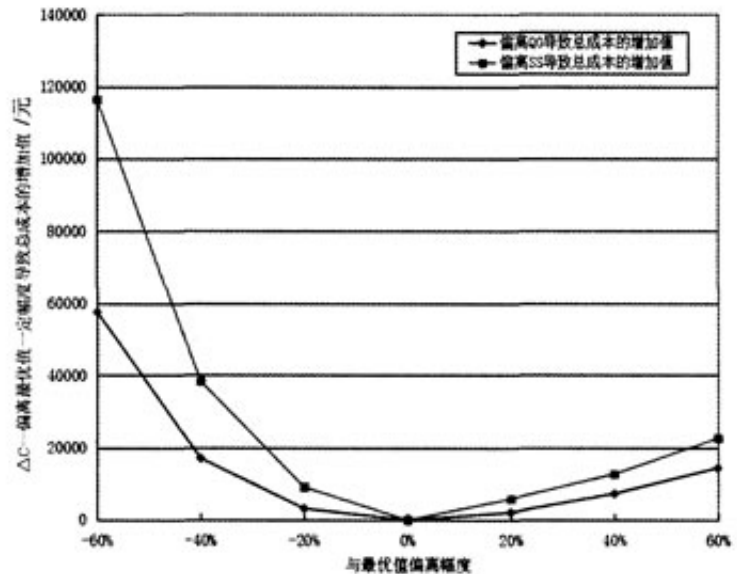


图3 偏离最优订单批量及安全库存量导致总成本的增加值

4结论

- (1)利用组合模型中的经济订单批量模型，可确定最优订单批量和再订货点，从而控制再订货费用和保管的持有费用加总最低。通过偏离 q_0 的敏感性分析可发现，如果实际采购的订单批量与最佳批量 Q_0 的偏离幅度不是特别大，造成总成本的增加是微乎其微的，此时可理解为在最优值 Q_0 附近总成本相对稳定，允许根据实际情况，比如说装车等，人工调整稍稍偏离由模型计算出的 Q_0 值，此时并不会对总成本造成较大影响。
- (2)利用组合模型中的安全库存控制理论，可确定周期内的安全存货储备量，这个数值的合理与否具有重要意义，一方面可应对供应链上需求的不确定性，尽量减少由于需求突增造成的缺货损失；另一方面过多的储备并没有必要，会造成大量的资金呆滞而影响到企业运作。
- (3)经典的经济订单批量模型和安全库存控制模型，对库存环节的优化皆具有重要的指导意义，但是却相对局限在独立的物流功能上。随着现代物流及供应链管理趋向成熟，库存控制研究必须综合考虑到供应链上的整体利益，需要把自供与外购、库存与现购、厂区库存与中心库存加以协调，在今后的研究工作中，可在本文提出组合模型的基础上进一步完善对林工一体化条件下的木质生物质原料管理。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/111125.html>